

# BEST AVAILABLE COPY

## Double-core light-conducting fiber, process for producing the same, double-core fiber laser, and double-core fiber amplifier

Patent number: DE19535526

Publication date: 1997-04-03

Inventor: BONSE JOERN (DE); REICHEL VOLKER (DE); UNGER SONNJA (DE); ZELLMER HOLGER (DE)

Applicant: HANNOVER LASER ZENTRUM (DE); INST. PHYSIKALISCHE HOCHTECH EV (DE)

**Classification:**

- International: H01S3/17; H01S3/07; H01S3/093; G02B6/18; G02B6/22; G02B6/42

- european: H01S3/067C; C03B37/012B3; G02B6/16C

Application number: DE19951035526 19950925

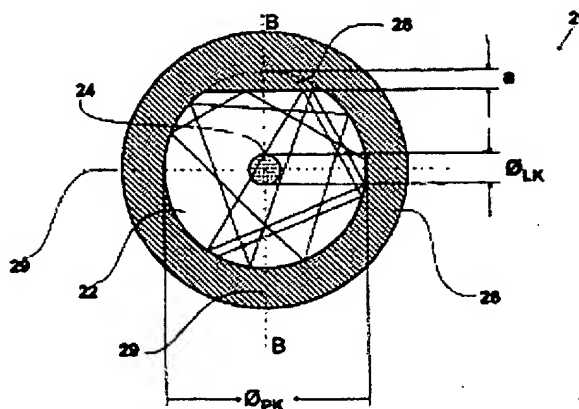
Priority number(s): DE19951035526 19950925

**Also published as:**

WO97.12429 (A1)  
EP0793867 (A1)  
US5864645 (A1)  
EP0793867 (B1)  
RU2138892 (C1)

**Abstract of DE19535526**

The invention relates to a double-cored optical fibre consisting of a pumping core (22), a laser core (24) arranged centrally therein and a sheath (26) surround the pumping core (22). The essentially circular pump core (22) has a ground section (28) on the outside running in the light direction of the double-cored optical fibre (20) and occupying 1 to 49 % of the diameter of said pump core (22). The invention also relates to a process for producing the double-cored fibre laser and a double-cored fibre amplifier making use of the double-cored optical fibre of the invention. The essentially circular pump core (22) with its centrally fitted laser core (24) facilitates connection of other light guide components and the easy injection of the pump light.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 195 35 526 C 1

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**H01 S 3/17**  
H 01 S 3/07  
H 01 S 3/093  
G 02 B 6/18  
G 02 B 6/22  
G 02 B 6/42

⑳1 Aktenzeichen: 195 35 526.1-33  
⑳2 Anmeldetag: 25. 9. 95  
⑳3 Offenlegungstag: —  
⑳6 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 3. 4. 97

DE 195 35 526 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Laser Zentrum Hannover eV, 30419 Hannover, DE;  
Institut für Physikalische Hochtechnologie e.V.,  
07743 Jena, DE

⑦4 Vertreter:

Leine und Kollegen, 30183 Hannover

⑦2 Erfinder:

Zellmer, Holger, 30419 Hannover, DE; Bonse, Jörn,  
31275 Lehrte, DE; Unger, Sonja, 07743 Jena, DE;  
Reichel, Volker, 07743 Jena, DE

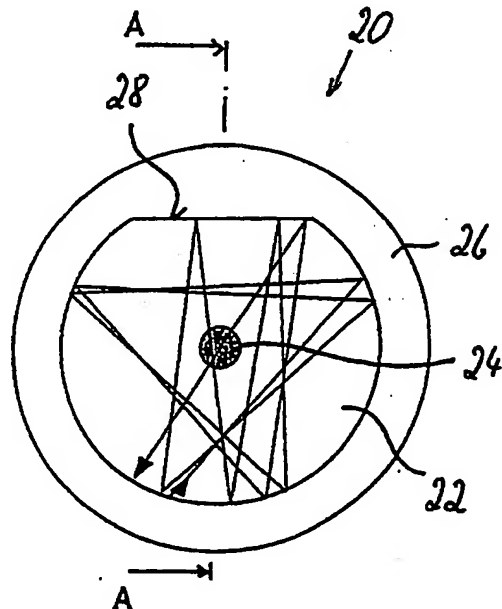
⑤8 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 29 01 092 C2  
US 53 73 527  
US 53 09 452  
US 48 15 079

JP 6-235 838 A - In: Patent Abstracts of Japan, Sect.  
P, Vol. 18 (1994), Nr. 621 (P-1832);  
PO, H. et.al.: High Power Neodymium-Doped Single  
Transverse Mode Fibre Laser;  
In GB-Z: Electronics Letters, Vol. 29, No. 17, 1993,  
pp. 1500-1501;  
ZELLMER, H., et.al.: High-Power CW  
Neodymium-Doped Fiber Laser Operating at 9.2 W  
with High Beam Quality;  
In US-Z: Optics Letter, Vol. 20, No. 6, 1995,  
pp. 578-580;

⑤4 Doppelkern-Faserlaser

⑤7 Ein Doppelkern-Faserlaser weist einen Pumpkern (22),  
einen im Pumpkern zentrisch angeordneten Laserkern (24)  
und eine den Pumpkern umgebende Umhüllung (26) auf. Der  
im Querschnitt im wesentlichen kreisrund ausgebildete  
Pumpkern (22) weist außenseitig wenigstens einen in Längs-  
richtung des Doppelkern-Faserlasers (20) verlaufenden Ab-  
schliff (28) auf. Durch diese Ausbildung wird das eingekop-  
pelte Pumplicht nahezu vollständig im Laserkern absorbiert.  
Die im wesentlichen runde Faser mit zentralem Faserkern  
erlaubt eine einfache Verbindung mit anderen faseropti-  
schen Komponenten sowie eine einfache Einkopplung des  
Pumplichtes.



DE 195 35 526 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Doppelkern-Faserlaser gemäß Oberbegriff des Anspruchs.

Aus "Optics Letters", 1995, Vol. 20, Nr. 6, Seiten 578 bis 580, ist bereits ein solcher Doppelkern-Faserlaser mit einem im Querschnitt runden Pumpkern bekannt, in dem ein Laserkern zentrisch angeordnet ist und der von einer Umhüllung umgeben ist. Dieser bekannte Doppelkern-Faserlaser hat den Nachteil, daß nur ein Teil des Pumplichtes im zentrischen Laserkern absorbiert wird, weil sich im Innern des Pumpkernes sogenannte Helixstrahlen ausbilden, die den Laserkern nicht kreuzen und daher nicht absorbiert werden.

Aus der US 4 815 079 ist ein Doppelkern-Faserlaser mit rundem Pumpkern und azentrischem Laserkern bekannt. Dieser Doppelkern-Faserlaser ist schwer zu fertigen, und der Laserkern neigt dazu, sich im Querschnitt zu einer Ellipsenform zu verformen. Aus dieser Patentschrift ist ferner ein Doppelkern-Faserlaser mit einem im Querschnitt rechteckförmigen Pumpkern und zentrischem Laserkern bekannt. Auch dieser Doppelkern-Faserlaser ist nur mit hohem Aufwand zu fertigen. Bei diesem Doppelkern-Faserlaser gestaltet sich das Einkoppeln von Laserdioden wegen der Abmessungen schwerer als bei Doppelkern-Faserlasern mit rundem Pumpkern.

Aus der DE 29 01 092 C2 ist ein optischer Wellenleiter in Form einer Doppelkernfaser mit einem zentrischen Faserkern, einer den Faserkern umgebenden Mantelschicht und einer die Mantelschicht umgebenden Außenhüllenschicht bekannt, wobei die Außenhüllenschicht diametrale Abschliffe aufweisen kann.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Doppelkern-Faserlaser anzugeben, der einfach herstellbar ist und eine im wesentlichen vollständige Absorption des Pumplichtes im Laserkern ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch die Erfindung nach dem Anspruch gelöst.

Die Erfindung schlägt einen runden Pumpkern vor, der einen zentrisch eingebetteten Laserkern aufweist und der außenseitig wenigstens einen in Längsrichtung des Doppelkern-Faserlasers verlaufenden Abschliff aufweist, so daß ein im Querschnitt D-förmiger Pumpkern entsteht. Durch diesen Abschliff wird die Symmetrie des Pumpkernes gebrochen, wodurch sich keine Helixstrahlen mehr ausbilden können. Statt dessen wird der Strahlverlauf im Pumpkern chaotisch, wodurch erreicht wird, daß das eingekoppelte Pumplicht nahezu vollständig im Laserkern absorbiert wird. Die im wesentlichen runde Faser mit zentrischem Faserkern erlaubt eine einfache Verbindung mit anderen faseroptischen Komponenten sowie eine einfache Einkopplung des Pumplichtes.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert werden.

Es zeigt

Fig. 1 schematisch den prinzipiellen Aufbau eines Faserlasers,

Fig. 2 einen Doppelkern-Faserlaser mit rundem Pumpkern gemäß Stand der Technik,

Fig. 3 einen erfindungsgemäß ausgebildeten Doppelkern-Faserlaser im Querschnitt,

Fig. 4 einen Teil eines Schnittes A-A durch den Doppelkern-Faserlaser nach Fig. 3 und

Fig. 5 eine grafische Darstellung der Pumplichtabsorption in Abhängigkeit von der Größe des Abschliffs und der Faserlänge.

Die Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Faserlasers 100, bestehend aus einer Laserdiode 102, deren Strahlung 104 über eine Koppeloptik 106 und einen Einkoppelspiegel 108 als Pumplicht in eine Faser 110 eingekoppelt wird. Die in der Faser erzeugte Laserstrahlung 112 wird über einen Auskoppelspiegel 114 ausgekoppelt. Die beiden Spiegel sind auf den Faserenden angeordnet.

Die Fig. 2 zeigt einen herkömmlichen Doppelkern-Faserlaser 2 im Querschnitt. Dieser Doppelkern-Faserlaser 2 weist einen runden Pumpkern 4, beispielsweise aus Quarzglas auf, in dem ein runder Laserkern 6, beispielsweise aus einem mit Neodym oder mit anderen seltenen Erden dotierten Medium zentrisch angeordnet ist und der eine Umhüllung 8, beispielsweise aus einem transparenten Polymer mit niedrigem Brechungsindex aufweist. Der Pumpkern 4 dient sowohl als Umhüllung für den Laserkern als auch als Wellenleiter mit hoher numerischer Apertur für das Pumplicht. Die Fig. 2 verdeutlicht, daß sich bei Doppelkern-Faserlasern mit im Querschnitt kreisrundem Pumpkern Helixstrahlen 10 ausbilden, die den Laserkern nicht kreuzen und daher vom Laserkern nicht absorbiert werden können. Solche Doppelkern-Faserlaser können daher nur etwa 10% der Pumpstrahlung absorbieren.

Die Fig. 3 und 4 zeigen einen erfindungsgemäß ausgebildeten Doppelkern-Faserlaser 20 mit einem beispielsweise aus Quarzglas bestehenden Pumpkern 22, in dem ein runder, beispielsweise aus Nd-dotiertem Medium bestehender Laserkern 24 zentrisch angeordnet ist und der von einer beispielsweise aus einem transparenten, einen niedrigen Brechungsindex aufweisenden Polymer bestehenden Umhüllung 26 umgeben ist.

Anders als bei dem herkömmlichen Doppelkern-Faserlaser 2 nach Fig. 2 ist der Pumpkern 22 außenseitig mit einem Abschliff 28 in Längsrichtung versehen und ansonsten im Querschnitt kreisrund ausgebildet. Durch den Abschliff 28 wird die Kreis-Symmetrie eines Doppelkern-Faserlasers nach Fig. 1 gebrochen. Die Fig. 3 verdeutlicht, daß sich durch den Abschliff 28 ein chaotischer Strahlverlauf ausbildet, wodurch der Laserkern 24 praktisch immer gekreuzt wird und eine nahezu 100%ige Absorption des Pumplichtes erreicht wird. Der Abschliff verhindert die Ausbildung von Helixstrahlen und ist leicht herstellbar. Es können auch mehrere solcher Abschliffe vorgesehen werden.

Mögliche Abmessungen des Doppelkern-Faserlasers 20 sind wie folgt:

Pumpkernradius (an der Stelle ohne Abschliff):	ca. 50 bis 300 $\mu\text{m}$ ,
Laserkern:	ca. 2,5 bis 10 $\mu\text{m}$ ,
Stärke der Umhüllung:	ca. 12,5 $\mu\text{m}$
Länge der Faser:	ca. 1 bis 50 $\mu\text{m}$ ,
Abschliff: beispielsweise	1 bis 25 $\mu\text{m}$ .

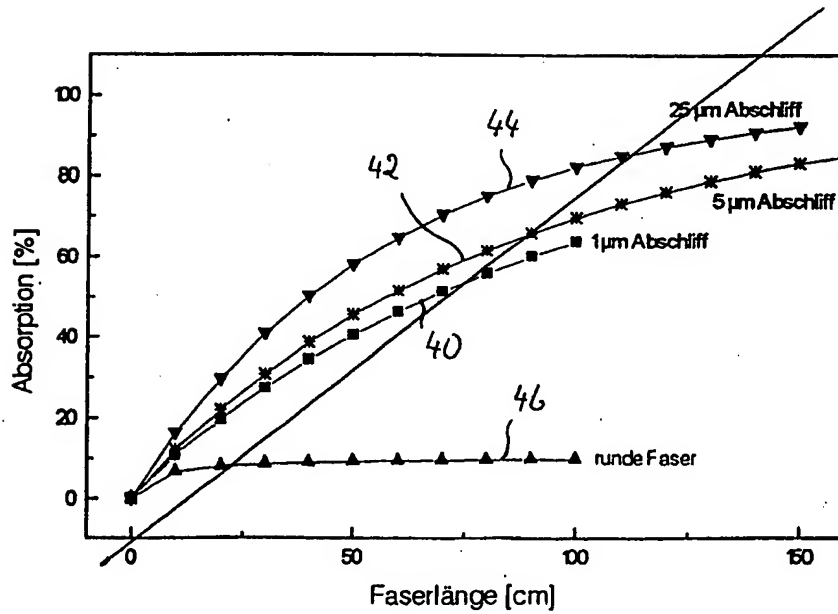
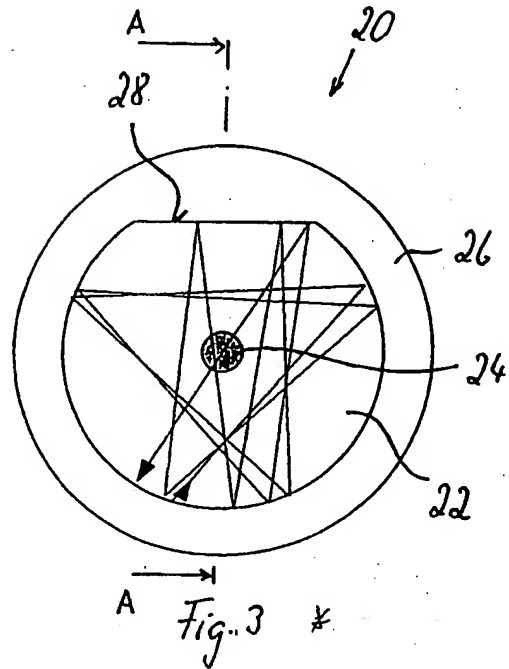
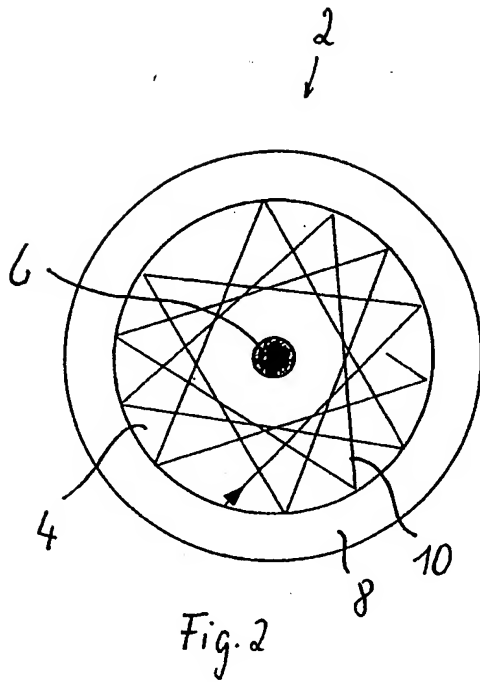
Zur Ausführung eines Faserresonators sind, wie dies in der Fig. 1 und teilweise in der Fig. 4 dargestellt ist, auf den Faserenden dielektrische Spiegel angeordnet, wobei auf der Pumpseite bzw. Einkoppelseite ein Spiegel 108 (Fig. 1) bzw. 32 (Fig. 4) mit hohem Reflexionsgrad für das Laserlicht und mit hohem Transmissionsgrad für das Pumplicht 104 (Fig. 1) bzw. 34 (Fig. 4) und auf der Auskoppelseite ein Spiegel 114 (Fig. 1) mit hohem Reflexionsgrad für das Pumplicht und hohem Transmissionsgrad für das Laserlicht 112 (Fig. 1) bzw. 36 (Fig. 4) verwendet wird. Die Spiegel können direkt auf die Faserendfläche aufgebracht werden, oder es können Spiegel auf die Faserenden gepreßt oder vor die Faserenden gestellt werden. Der Auskoppelspiegel ist in der Fig. 4 nicht dargestellt. Die Pumpstrahlung wird innerhalb der Doppelkernfaser an der Umhüllung mehrfach reflektiert, kreuzt dabei den Laserkern 24 und wird vom Laserkern absorbiert. 5

Die Fig. 5 zeigt eine Darstellung der Pumplichtabsorption in einem Doppelkern-Faserlaser gemäß Fig. 3 und 4 in Abhängigkeit vom Abschliff und der Faserlänge, vgl. Kurven 40, 42 und 44 und im Vergleich zu einem Doppelkern-Faserlaser mit rundem Pumpkern nach dem Stand der Technik, vgl. Kurve 46. Man erkennt deutlich, daß die Absorption bei einem Doppelkern-Faserlaser mit abgeschliffenem Pumpkern deutlich über der Absorption in einem Doppelkern-Faserlaser mit herkömmlichem rundem Pumpkern liegt. Die Absorption steigt ferner mit zunehmender Faserlänge, während die Zunahme der Absorption mit größer werdendem Abschliff nicht so stark ausgebildet ist. 10 15

#### Patentanspruch

Doppelkern-Faserlaser mit einem Pumpkern, einem im Pumpkern zentrisch angeordneten Laserkern, einer den Pumpkern umgebenden Umhüllung und dielektrischen Spiegeln, die auf den Faserenden angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß der im Querschnitt im wesentlichen kreisrund ausgebildete Pumpkern (22) außenseitig einen in Längsrichtung des Doppelkern-Faserlasers (20) verlaufenden Abschliff (28) aufweist, der 1% bis 90% des Pumpkernradius beträgt. 20 25

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen



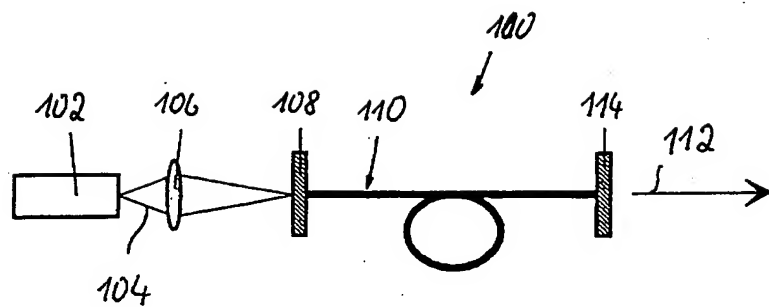


Fig. 1

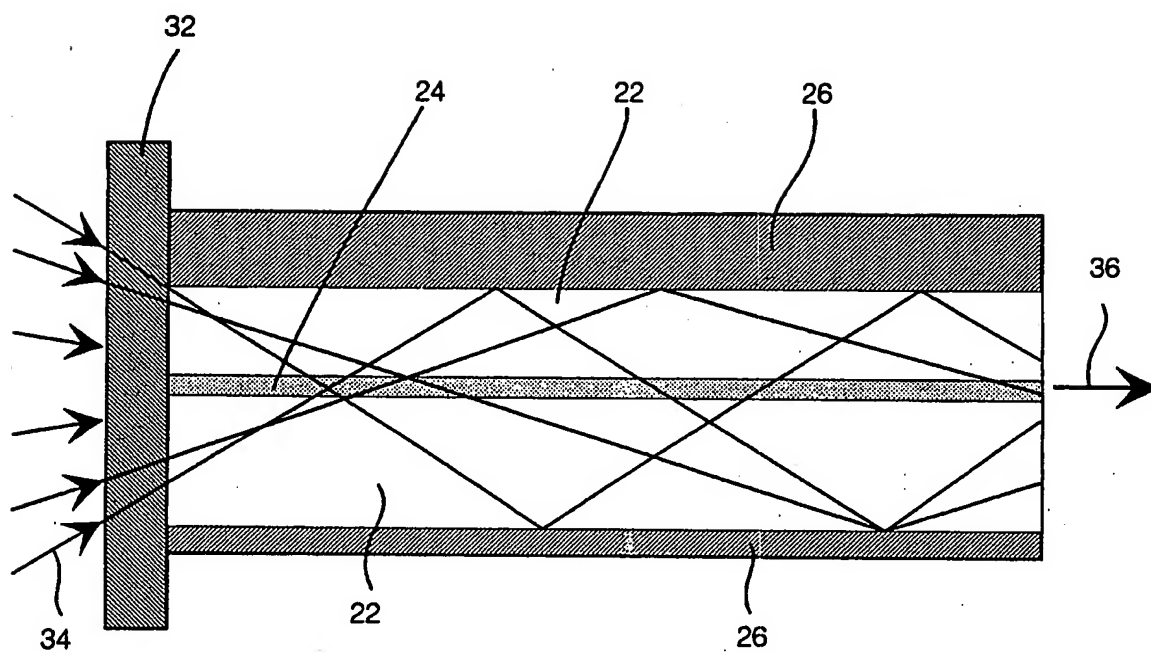


Fig. 4

